

# 浅い貯水池における底泥からの栄養塩溶出の評価

建設省土木研究所 正会員 天野 邦彦、李 建華、国立環境研究所 正会員 木幡 邦男  
建設省土木研究所 鈴木 宏幸、正会員 安田 佳哉

## 1. はじめに

富栄養化した湖沼・貯水池においては、夏期の底泥からの栄養塩回帰（とくにリン）が湖水への栄養塩負荷を増加させる可能性が高いことが、過去より多く指摘されている。本稿では、7月から9月の間、河川からの流入が非常に少ないという特徴を持つ貯水池において、底泥からの栄養塩溶出を現地に設置した実験装置により測定することで溶出速度を算定すると共に、栄養塩の年間変化から評価される夏期の底泥からの栄養塩回帰量と比較し、夏期における湖水への底泥からの栄養塩負荷について検討した。

## 2. 方法

平成 11 年 6 月及び 8 月の 2 回、木幡により開発された直列多槽式溶出測定装置<sup>1)</sup>を渡良瀬貯水池の水底に 2 台設置し、装置周辺の直上水、槽内の水質変化を測定し、底泥からの栄養塩溶出速度を算定した。図 1 に直列多槽式溶出測定装置の模式図を示す。本装置の利点及び特性については、既報を参照のこと<sup>1)</sup>。

装置設置後、攪乱された底泥を沈降させるために 1 日静置した後、検体槽（図中 S-Tank）より槽体積の数倍の水をポンプで排出することで、フィルターを通した直上水が検体槽及び対照槽（図中 R-tank）両方を満たす様にした。対照槽は底面が密閉されているため、その水質は実験期間中、底泥の影響を受けない。これに対して、検体槽は、底泥と接触しているため、溶出の影響を受ける。このため、これら 2 槽の水質変化の差が溶出量として算出できる。

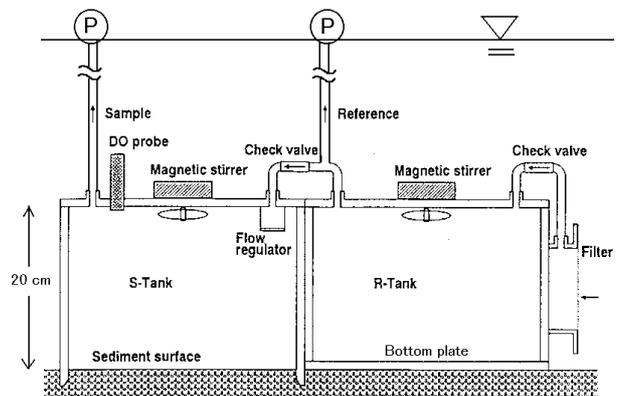


図 1 直列多槽式溶出測定装置概念図

第 1 回目の測定は 6 月 22 日より 25 日までの 3 日間、1 日ごとに採水を行った。その結果、溶存酸

素消費が高かったため、8 月 10 日から 13 日までの 3 日間行った第 2 回目の測定では、1 日ごとに採水し水質変化を測った後、水の入れ替えを再度行い、測定を行った。溶出速度  $f(\text{mg}/\text{m}^2/\text{d})$  は、採水による希釈率  $F_S^{dil}$  を考慮した次式<sup>1)</sup>により求めた。

$$f = \frac{V_S \{F_S^{dil} (\overline{C_m} - C_R(t_b)) - (C_S(t_0) - C_R(t_0))\}}{A_S \{t_f + V_S (F_S^{dil} - 1) / Q\}} \quad (1), t_f = t_b - t_0, F_S^{dil} \equiv \frac{V_m / V_S}{\{1 - \exp(-V_m / V_S)\}}$$

ここで、 $C_m(\text{mg}/\text{l})$ =測定される検体槽の濃度、 $C_S(t)(\text{mg}/\text{l})$ =検体槽の濃度、 $C_R(t)(\text{mg}/\text{l})$ =対照槽の濃度、 $V_S(\text{l})$ =検体槽の体積、 $A_S(\text{m}^2)$ =検体槽の底面積、 $V_m(\text{l})$ =試料採取量、 $Q(\text{l}/\text{s})$ =吸引速度、 $t_b$ ;  $t_0$ =採水時及び実験開始時刻  
実験時には、検体槽中の溶存酸素の連続モニタリングも合わせて行った。

## 3. 結果

図 2 に、8 月実験時に測定されたオルトリン酸態リン( $\text{PO}_4\text{-P}$ )の結果（1号機）を示す。対照槽においては、濃度変化があまり見られないのに対して、検体槽においては、顕著な濃度上昇が確認された。8 月の実験では 2 台の装置を同様の条件で用いたが、2 台とも同様の变化傾向を示した。表 1 には、式(1)を用

キーワード：底泥、リン溶出、富栄養化

連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市大字旭 1 番地 TEL:0298(64)2269 FAX:0298(64)7221

いて求めた PO<sub>4</sub>-P の溶出速度の算定結果を示す。

水温が高いことに起因すると考えられるが、6月の実験に比べて8月の溶出速度が高くなっている。また8月の結果は、ほぼ同一の場所に2台設置し、同様の実験を行ったにも係わらず、2号機の方が3割程度高い結果となった。図 3は、8月の実験期間中に測定された検体槽内の溶存酸素濃度変化(1号機)を示している。図から明らかなように、底泥の酸素消費速度は速く(135mg/m<sup>2</sup>/h) 溶出実験を行っている期間のかなりの部分は、検体槽内が嫌気的環境になっていたことがわかる。

#### 4. 考察

渡良瀬貯水池は、貯水池への水の出入りがポンプにより制御されているため、負荷の貯水池への流入量及び放流量の算定を正確に行うことが出来る。図 4は、7月から9月にかけて流入がほとんどなかった年である平成7年における貯水池の運用状況、図 5は、T-P及びPO<sub>4</sub>-Pの変化を示している。7月から9月の3ヶ月間は、外部からの流入負荷がほぼ無いにも係わらず、T-P濃度の顕著な上昇が見られる。この濃度上昇は底泥からの寄与と考えられる。

現地平成11年9月から11月にかけて行った沈降物調査では新生懸濁物としての平均P沈降量は約10(mg/m<sup>2</sup>/d)と算定されている(未発表)。貯水池底面全体から今回の実験で得られた速度でPO<sub>4</sub>-Pが溶出し続けたとして、この沈降量を差し引くと、予測される湖水中の1日当たりT-P濃度増加量は0.008(mg/L)になる。この値は、図 5から算定される濃度増加の5倍程度であった。

この違いの理由としては、現地では水深が3m以下と浅いため、底泥直上水の溶存酸素濃度は、実験期間中4(mg/l)を切ることがなかったのに対して、図 3から明らかなように、検体槽内が嫌気的環境となり、実際の現地環境に比べ還元的状況になったためと考えられる。このため、今回の現場測定値は、潜在的リン溶出速度と考えるべきである。水表面からの再曝気のため底泥直上水が好気的環境でありながら、底泥の酸素要求量が高い貯水池において正確な栄養塩溶出速度の現場測定を行うためには、検体槽内の酸素のコントロールが極めて重要であり、採水間隔の変更など実験方法をさらに改良する必要がある。

参考文献 1) 木幡ら、霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会 11、国立環境研究所 1997

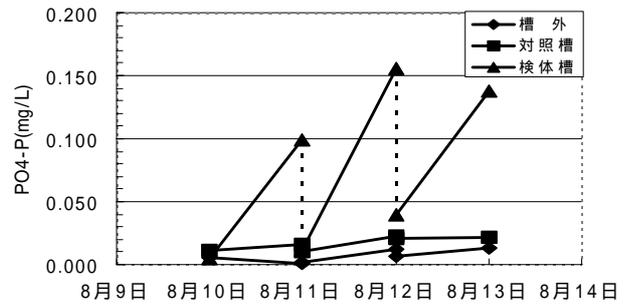


図 2 検体槽、対照槽及び近傍直上水質変化

表 1 PO<sub>4</sub>-P 溶出速度算定結果

単位(mg/m <sup>2</sup> /d)	平均	最大	最小
6月	18.6	20.4	15.6
8月1号機	26.8	33.6	22.4
8月2号機	36.6	38.2	35.0

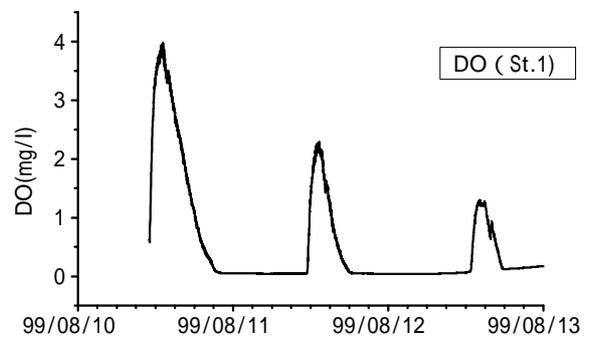


図 3 検体槽内の溶存酸素濃度変化

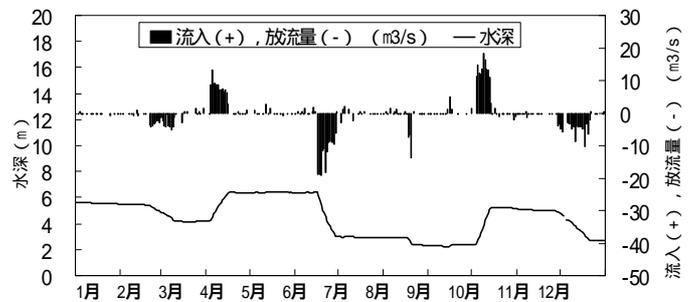


図 4 貯水池運用状況(平成7年)

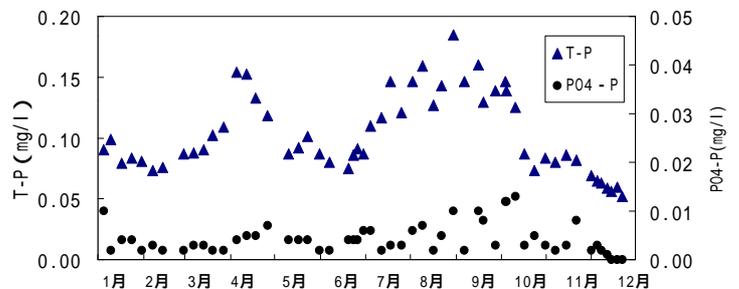


図 5 T-P 及び PO<sub>4</sub>-P の変化(平成7年)